TEMA 2

ESTUDIO DE VIABILIDAD

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Definición de Estudio de Viabilidad.
2. Etapas del Estudio de Viabilidad.
3. Estudio de Viabilidad en proyectos de plantas industriales.
   3.1. Estudio de Mercado.
   3.2. Tamaño óptimo de la planta.
   3.3. Localización óptima del proyecto.
   3.4. Definición técnica.
   3.5. Estimación de la inversión.
   3.6. Programa del proyecto.
   3.7. Financiación del proyecto.
   3.8. Presupuesto de explotación.
   3.9. Evaluación y análisis del proyecto.
4. Referencias bibliográficas.

1. DEFINICIÓN DE ESTUDIO DE VIABILIDAD

El Estudio de Viabilidad, también llamado Estudio Previo o Estudio Preliminar, tiene por objeto comprobar si en un proyecto existen soluciones que cumplan los objetivos definidos en el planteamiento inicial y determinar que son viables física, legal, social, económica y financieramente.

En esta fase del proyecto se persigue obtener una visión de conjunto del proyecto, siendo, por tanto, sus objetivos fundamentales los siguientes:

- Conocer el proyecto en su conjunto.
- Obtener posibles soluciones.

- Estudiar la viabilidad de estas soluciones.

La Figura 1 representa gráficamente los objetivos de esta fase del proyecto en la que a partir de una idea se plantean las posibles soluciones al mismo habiendo descartado aquellas soluciones que no son válidas.

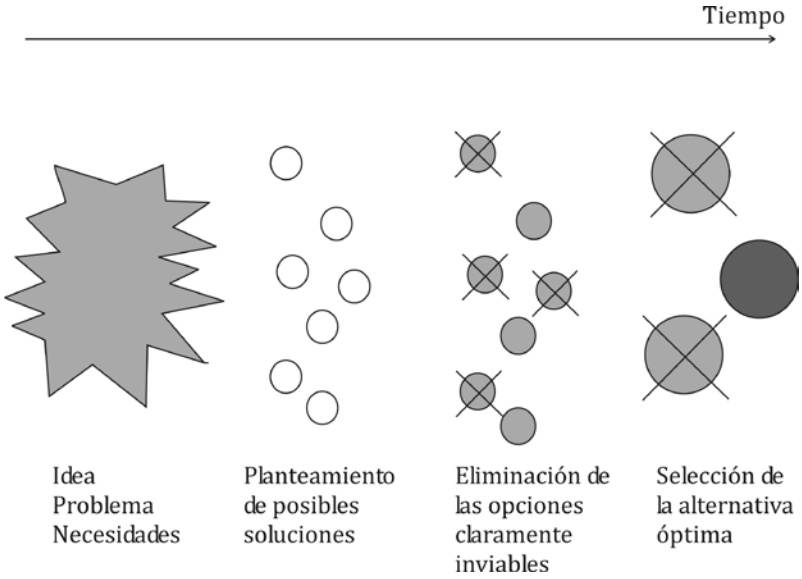


Figura 1. Esquema gráfico de un Estudio de Viabilidad

En el Estudio de Viabilidad se manejan valores estimativos sobre el proyecto aprovechando la experiencia profesional de la ingeniería y la información de carácter general y específico que se posee. En esta etapa del proyecto, partiendo del conocimiento genérico que da el planteamiento del proyecto, se analizan las partes principales que lo componen con el objetivo de definir un conjunto de soluciones que cumplan las premisas iniciales del problema para posteriormente ser valoradas desde diferentes puntos de vista.

En general, el análisis que ha de hacerse en el Estudio de Viabilidad no excede del que se obtiene con el estudio de las partes en las que se puede dividir el objeto del proyecto. Por ello, el coste del Estudio de Viabilidad es de poca consideración si se compara con los honorarios del proyecto, y menor aún si la comparación se hace respecto al volumen de la inversión que deberá realizar el promotor. Aún así, existen promotores y proyectistas que no lo aprecian en toda su importancia. Un Estudio de Viabilidad significará un gasto que oscilará entre un 1 y un 3 por mil de la inversión, equivalente más o menos al 5% de los honorarios del proyecto. Este pequeño gasto viene a resolver una gran incógnita: si el proyecto tiene solución y bajo qué condiciones.

Es obligación del proyectista transmitir al promotor la conveniencia de realizar un estudio previo antes de acometer tareas más complejas.

Un Estudio de Viabilidad puede ofrecer tres respuestas distintas:

- De acuerdo con el planteamiento y con los objetivos marcados, la solución o las posibles soluciones del proyecto no son viables, es decir, que o bien falla por causas técnicas o económicas, o bien porque las condiciones sociales, legales o financieras no se pueden cumplir. Si la respuesta es ésta, el proyectista aconsejará al promotor rechazar la inversión o modificar el planteamiento y los objetivos iniciales de manera que el proyecto sea factible con esas nuevas condiciones.

- Existe una única solución válida al proyecto o, habiendo varias, una de ellas sea claramente superior a las demás. En este caso se puede continuar con las otras fases del proyecto. El estudio preliminar añade, además, otras posibilidades como, por ejemplo, la de apuntar que ligeros cambios en los objetivos mejoran considerablemente los resultados.
- Existen varias soluciones alternativas al proyecto, todas ellas viables. Esta situación se resuelve con el análisis y la selección de la mejor alternativa, cosa que sucede en la fase de anteproyecto.

El estudio de las posibles alternativas y su viabilidad es la parte fundamental de esta etapa del proyecto. Este estudio no debe hacerse analizando y desmenuzando el proyecto exhaustivamente ya que dicha tarea está reservada para las fases siguientes. En esta etapa el proyectista se aproximará al proyecto con una visión de carácter general. La exactitud que se exige en el Estudio de Viabilidad depende de los medios puestos en juego, por lo que suelen admitirse errores entre el 25% y el 30% de la inversión.

2. ETAPAS DE UN ESTUDIO DE VIABILIDAD

En el Estudio de Viabilidad se realiza un primer recorrido por el proyecto que sirve para marcar las premisas de la fase siguiente. Esta etapa se inicia con la búsqueda de la información técnica, legal y económica que afecte al proyecto en estudio. Posteriormente, se realizan procesos de análisis y síntesis con el fin de determinar soluciones al proyecto.

Cada etapa es un paso adelante en la resolución del estudio. A partir de los resultados de las etapas precedentes y de información de tipo genérico y específico se procesa todo ello con el objetivo de obtener el resultado perseguido en la etapa. Como es lógico, este resultado se evalúa para decidir si se continúa con la etapa siguiente o se retrocede para corregir ésta u otras etapas precedentes.

Esta retroalimentación del proceso permite ir ganando conocimientos más amplios de cada actividad y, por tanto, el proyectista se encuentra en mejores condiciones de emitir una respuesta válida. El concepto está basado en la premisa esencial por la cual el proyectista raramente llega a una solución aceptable en un primer tratamiento de cada etapa.

El uso de estas iteraciones depende únicamente del ingeniero. Suya es la capacidad de juzgar si los resultados obtenidos se corresponden con los objetivos o si es conveniente profundizar más en la etapa que se estudia.

La macro-estructura de Estudio de Viabilidad presentada en la Figura 2 da una visión general de cómo resolver esta fase. Sin embargo, al existir importantes diferencias entre unos tipos y otros, no es posible aplicar este esquema directamente a todos los proyectos de ingeniería. Es necesario considerar las características propias de cada grupo y, a partir de él, construir un esquema metodológico específico que recoja esas características y lo haga plenamente útil.

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD EN PROYECTOS DE PLANTAS INDUSTRIALES

En relación con plantas industriales, el proyectista se enfrenta a temas, en general, muy similares pero, con problemáticas diferentes, debido a circunstancias que corresponden más al entorno que al propio proyecto. Entre otras cuestiones, cabe destacar las siguientes:

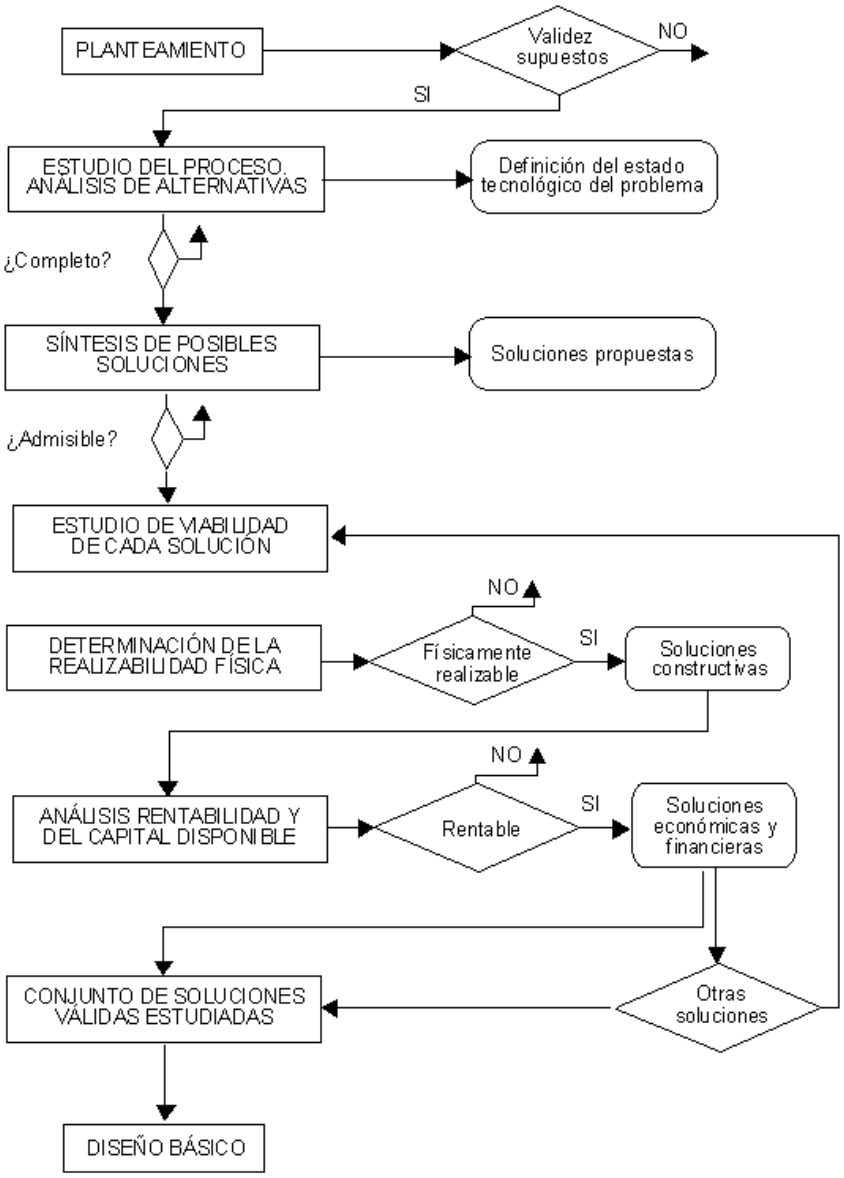


Figura 2. Etapas del Estudio de Viabilidad

- El proyecto corresponde a una industria de nueva planta, a petición de un grupo inversor que no tiene experiencia previa en este campo.
- El proyecto corresponde al traslado de una industria ya existente, traslado que viene exigido por cambios en las condiciones del mercado, por condicionamientos legales, por necesidades de ampliación, por cambios en el proceso técnico, por conveniencia económica o porque la industria haya quedado obsoleta.
- El proyecto únicamente tiene por objeto variar parte de las instalaciones existentes: modificar el layout, sustituir parte del proceso de producción, corregir aspectos organizativos, optimizar parte del proceso o automatizar la planta.

- El proyecto está muy condicionado por un pliego de condiciones inicial establecido por el promotor.
- Antes de encargar el proyecto se han llevado a cabo importantes trabajos sobre él, como por ejemplo, estudios de mercado, estudios de localización o estudios de financiación.

Estas circunstancias pueden modificar algunas de las etapas de un Estudio de Viabilidad. A pesar de ello, se puede definir la siguiente micro-estructura aplicable a esta tipología de proyectos:

1. **Concepción**. Esta fase tiene por objeto la correcta y precisa definición de los objetivos del proyecto a partir de la idea del mismo. Para ello es necesario recopilar y analizar toda la información generada para el proyecto desde que se decide su estudio: descripción de necesidades detectadas, datos conocidos de productos, datos económicos y financieros, datos técnicos del proyecto, etc.
2. **Estudio de mercado**. Este capítulo se destina al estudio de la demanda de producto. En esencia se trata de determinar cuánto se puede vender y a qué precio, especificando las características del producto y abordando los problemas de comercialización derivados de "llevar" el producto al consumidor.
3. **Tamaño**. Este capítulo trata sobre la determinación de la capacidad de producción que ha de instalarse.
4. **Localización**. Esta etapa tiene como objetivo la determinación de la localización de la nueva unidad productora.
5. **Definición técnica**. Este trabajo abordará las investigaciones técnicas preliminares, los problemas de ingeniería que plantea el diseño mismo del producto y de los procesos de producción del mismo, especificaciones de materias primas, realización de prototipos y ensayo de los mismos.
6. **Presupuesto de inversión**. En esta etapa se procede a la estimación de las necesidades de capital que la realización del proyecto exige, tanto de capital fijo como de capital circulante.
7. **Programación**. La definición técnica del proyecto en cuanto al modo y medios con que realizarlo, se plasma en un programa con indicación de los objetivos parciales a conseguir a lo largo del tiempo, para poder acceder al objetivo final perseguido.
8. **Financiación**. Se han de especificar las fuentes monetarias a donde se recurrirá y la forma en que se proyecta canalizar los recursos financieros para que la iniciativa del proyecto sea viable.
9. **Presupuesto de explotación**. En este capítulo se determinan los costes de funcionamiento e ingresos derivados de las ventas, a lo largo del período de servicio del proyecto.
10. **Evaluación**: El objetivo final del Estudio de Viabilidad es dar un juicio de valor sobre si interesa realizarlo o no, de acuerdo a los criterios de evaluación de aceptación general.

El proceso de definición de estos trabajos describe una secuencia lógica, tal y como se muestra en la Figura 3, en donde también se presentan las relaciones de precedencia de unos trabajos respecto a otros. Así, por ejemplo, es preciso saber lo que hay que fabricar (volumen de demanda a satisfacer, gamas de productos, calidades, etc.) antes de definir técnicamente el proceso de producción del producto; y de la misma manera se necesita definir técnicamente el proyecto para poder conocer el coste de la inversión que la realización del mismo supondrá.

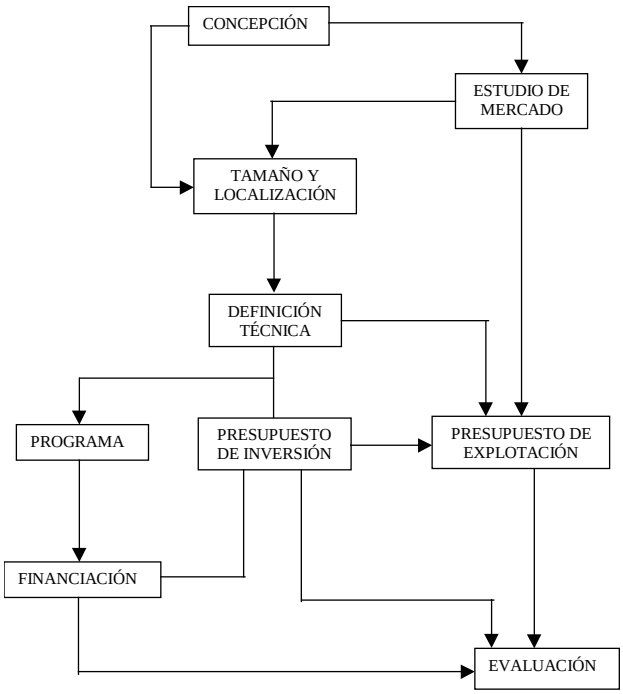


Figura 3. Esquema del Estudio de Viabilidad de plantas industriales

Pero el proceso de desarrollo del Estudio de Viabilidad no es lineal. Las distintas etapas no quedan definidas total y completamente en la secuencia que se ha indicado. La metodología propuesta no pretende definir todos los detalles del estudio de mercado de una vez, para acabado éste, pasar a fijar definitivamente el tamaño y la localización de la planta, ni a su vez partir de los puntos anteriores para determinar las características concretas de la solución elegida. Se trata de un proceso iterativo, de forma que el conocimiento sobre el proyecto se va consiguiendo poco a poco recorriendo sucesivamente el esquema planteado.

El resultado de un Estudio de Viabilidad para proyectos de plantas industriales es la definición de:

- Un proyecto con capacidad de producción definida,
- en un emplazamiento seleccionado,
- utilizando una o varias tecnologías determinadas,
- en relación con materiales e insumos específicos,
- con costes de inversión y producción identificados,
- e ingresos por concepto de ventas que produzcan un rendimiento determinado respecto de la inversión.

3.1. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado tiene por objeto estimar la cuantía de los bienes o servicios procedentes de una nueva unidad de producción, que la comunidad está dispuesta a adquirir a determinados precios. El conocimiento del mercado supondrá estar en condiciones de responder a las siguientes cuestiones:

- **¿Qué vender?** Requisitos de producto de acuerdo con las preferencias de los consumidores.
- **¿Cuánto se podrá vender?** De acuerdo a las posibilidades del mercado, precios y competencia.
- **¿Cómo vender?** De qué manera se comercializará el producto con objeto de acercarlo al consumidor.

La sistemática para abordar este trabajo será:

1. Recopilar los antecedentes y establecer las bases empíricas de la situación actual del mercado

Los trabajos en esta etapa del desarrollo del Estudio de Viabilidad se centran en la búsqueda de información relativa al producto o servicio. Se recopilarán, utilizando fuentes indirectas (anuarios, censos, registros industriales, guías de fabricantes) o fuentes directas (entrevistas, encuestas a distribuidores y/o consumidores), datos sobre:

- Precios y costes actuales: usuario, mayorista, productos.
- Usos del producto: cómo se usa y con qué fines. Especificaciones.
- Comercialización.
- Productos de uso alternativo.
- Series estadísticas: Producción, consumo, índice de precios, etc.

2. Analizar la demanda

Se entiende por demanda actual la cantidad de bienes o servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado en un momento dado. A veces resulta difícil obtener cifras de demanda directamente del mercado. En estos casos se recurre a calcular la demanda aparente que viene dada por datos de producción:

$$D_a = S_i + P + I - E - S_f$$

donde

D_a: Demanda aparente	S_i : Stock inicial
P: Producción	I: Importaciones
E: Exportaciones	S_f: Stock final

La demanda es función de los siguientes factores:

- Nivel de precios.
- Nivel de ingresos de los consumidores.
- Cambios en la distribución geográfica de los consumidores.
- Alteración de las preferencias de los consumidores.
- Innovaciones técnicas que producen bienes sustitutivos.

Para analizar la demanda real es necesario estudiar cómo estos factores influyen sobre la cantidad de bienes demandados, es decir, analizar lo que se conoce como elasticidad de la demanda. Así, por ejemplo, un aumento del precio puede suponer

una disminución de la demanda de ciertos productos mientras que el descenso de precios puede suponer una mayor demanda del producto, como se muestra en la Figura 4. Por otra parte, un aumento de los ingresos puede suponer un aumento de la demanda de ciertos y viceversa para otros.

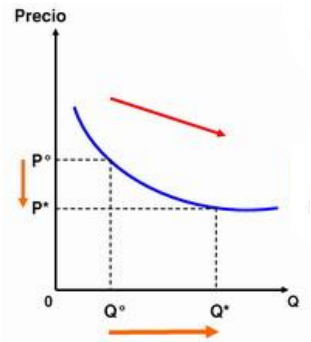


Figura 4. Elasticidad de la demanda

El principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es determinar y medir cuales son las fuerzas que afectan a los requerimientos del mercado respecto a un bien o servicio, así como determinar la posibilidad de participación del producto del proyecto en la satisfacción de dicha demanda.

Cuando existe información estadística resulta "fácil" conocer cuál es el valor de la demanda y su comportamiento histórico, y en estos casos la investigación en campo servirá para formar un criterio con relación a los factores cualitativos de la demanda, esto es, conocer un poco más a fondo cuales son las preferencias y los gustos del consumidor. Cuando no existen estadísticas, lo cual es frecuente en muchos productos, la investigación de campo queda como el único recurso para la obtención de datos y cuantificación de la demanda.

El estudio de la información hasta ahora disponible (obtenido mediante fuentes directas o fuentes indirectas), permite estimar la cuantía real de la demanda en un momento dado, de forma que se detecta la existencia o no de demanda actual insatisfecha y se estima su magnitud. Puede ocurrir, en casos de demanda insatisfecha, que la nueva producción se sume a la actual no desplazándose a nadie del mercado. Pero por regla general se producen desplazamientos del mercado de competidores existentes ya que al mejorarse técnicamente el producto o el proceso de fabricación, se mejora la calidad o se reducen los costes de producción.

En cualquier caso, es necesario no sólo estimar la demanda actual sino también la demanda global futura con objeto de analizar la posible producción de la planta industrial a lo largo de su vida útil. Algunos métodos para estimar la demanda futura de un producto son:

- Proyección de la tendencia. Consiste en establecer una línea media entre las cantidades consumidas durante cierto número de años y estimar la demanda futura de acuerdo a la tendencia de dicha línea.
- Empleo de coeficientes técnicos. Este método es adecuado para pronosticar la demanda futura de bienes intermedios que permiten producir bienes de consumo final. Por ejemplo, la demanda de cemento depende del número de viviendas nuevas que se van a construir.

- Comparaciones internacionales. Permite determinar tendencias mediante comparación con terceros países de su evolución en la demanda
- Modelos econométricos. Partiendo de datos estadísticos, se consigue expresar mediante funciones matemáticas la posible evolución de la demanda como es el caso de la elasticidad de la demanda
- Uso de los resultados de la encuesta de gasto familiar. Este método consiste en la elaboración de encuestas y posterior análisis de resultados para definir la tendencia de la demanda
- Prognosis sin datos estadísticos. Cuando no se dispone de datos estadísticos se puede predecir la futura demanda a partir de consideraciones tales como objetivos de desarrollo, factores políticos, tamaño de mercado, etc.

3. Analizar la oferta

Por oferta se entiende la cantidad de bienes y servicios que un cierto número de productores están dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado.

La oferta al igual que la demanda es función de una serie de factores:

- Precios en el mercado del producto.
- Apoyos gubernamentales a la producción.
- Tipo de mercado.

El propósito que se persigue mediante al análisis de la oferta es determinar o medir las cantidades y las condiciones en que una economía puede y quiere poner a disposición del mercado un bien o servicio.

Para analizar la oferta será necesario recopilar datos tanto de fuentes primarias como secundarias acerca de:

- Número de productores.
- Localización.
- Capacidad instalada y utilizada.
- Calidad y precio de los productos.
- Planes de expansión.
- Inversión fija y número de trabajadores.

De igual modo que se hace con la demanda, también es necesario realizar una proyección de la oferta con objeto de identificar posibles cambios de la misma a lo largo de la vida útil de la instalación.

4. Analizar la comercialización de los productos

La comercialización es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o servicio al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar. Por tanto, no se trata de una simple transferencia de productos hasta las manos del consumidor sino que se trata de colocar el producto en el sitio y momento adecuados, para dar al consumidor la satisfacción que él espera de su compra.

Generalmente, ninguna empresa está capacitada para vender sus productos directamente al consumidor final. Así se hace necesario recurrir a intermediarios que

pueden ser de dos tipos: comerciantes, que adquieren el título de propiedad de la mercancía, y agentes, que sólo sirven de contacto entre productor y vendedor.

Es importante, en esta etapa determinar los canales de comercialización de los productos a fabricar, utilizando los existentes para la comercialización de productos similares o proponiendo otros nuevos. Para determinar el canal de distribución más adecuado es necesario considerar estos tres factores:

- Cobertura de mercado. Los canales más simples (productores-minoristas-consumidores) son los que menos mercado cubren, sin embargo, los canales más complejos (productores-agentes-mayoristas-minoristas-consumidores) son los que más encarecen el precio del producto pero a su vez son con los que más mercado se abarca. Así, si se trata de colocar en el mercado un producto selecto y limitado se optará por un canal simple, en cambio, si es un producto popular y de mercado amplio se optará por un canal más complejo.
- Control sobre el producto. A mayor número de intermediarios se perderá más el control sobre el producto. Si se recurre a canales muy complejos el producto puede llegar muy deteriorado al consumidor.
- Costes. En principio los canales más simples parecen ser los que menor coste tienen para el productor. Esto es sólo aparentemente porque es menos costoso atender a 10 mayoristas que a 50 minoristas.

5. Seleccionar el objetivo de producción a cubrir por el proyecto

Una vez que los estudios cuantitativos y cualitativos de la demanda han hecho posible calcular el tamaño actual del mercado y su probable tendencia, según determinadas hipótesis, falta examinar la demanda a la luz de "sucesos" que puedan alterarla, a fin de fijar una meta de producción razonable para la empresa que se proyecta. Sólo tiene buen éxito este trabajo fundamental si se toman en cuenta los siguientes factores:

- Estructura de la oferta.
- Calidad del producto y de los competidores.
- Políticas de distribución y marketing.

Llegados a este punto del desarrollo del Estudio de Viabilidad se está en condiciones de determinar:

- Capacidad máxima de la planta.
- Rango de precios del producto.
- Especificaciones comerciales del producto.

3.2. TAMAÑO ÓPTIMO DE LA PLANTA

Por tamaño de una planta se entiende su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Además, en otro tipo de aplicaciones, se puede definir por indicadores indirectos como el monto de su inversión, el monto de ocupación efectiva de mano de obra, o algún otro de sus efectos sobre la economía.

Se distinguen tres diferentes capacidades, como muestra la Figura 5:

- **Capacidad de diseño** entendida como la tasa de producción de artículos estandarizados en condiciones normales de operación.

- **Capacidad del sistema** definida como la producción máxima de un artículo específico o una combinación de productos que el sistema de trabajadores y máquinas puede generar trabajando en forma integrada.
- **Capacidad real** definida como el promedio de producción que alcanza una entidad en un lapso de tiempo determinado, teniendo en cuenta todas las posibles contingencias que se presenten en la producción y venta del artículo.

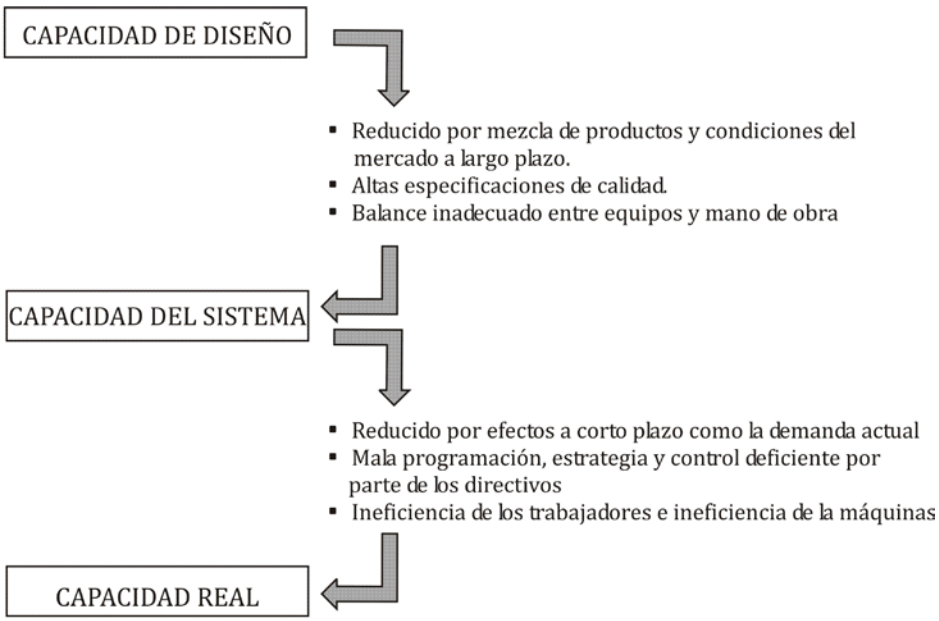


Figura 5. Relaciones entre las capacidades y la producción

En la práctica, determinar el tamaño de una nueva unidad de producción es una tarea limitada por las relaciones recíprocas que existen entre el tamaño y una serie de factores que se analizan a continuación:

- La **demanda** es uno de los factores más importantes que condicionan el tamaño de un proyecto. El tamaño propuesto sólo puede aceptarse en caso de que la demanda sea claramente superior a dicho tamaño. Si el tamaño propuesto fuera igual a la demanda no se recomendaría llevar a cabo la instalación debido al riesgo que supondría. Cuando la demanda es claramente superior al tamaño propuesto, este debe ser tal que sólo pretenda cubrir un bajo porcentaje de la demanda, no más de un 10%, siempre y cuando haya mercado libre. Cuando el régimen sea de oligopolio no se recomienda tratar de introducirse en el mercado si no es con acuerdos previos que aseguren el reparto del mercado existente o el aseguramiento en el abastecimiento de materias primas.
- El **abastecimiento de materias primas** en cantidad suficiente y calidad necesaria es un aspecto vital en el desarrollo de un proyecto. Muchas empresas se han visto frenadas por la falta de este insumo. Para demostrar que este aspecto no es tan limitante, se deberán listar todos los posibles proveedores de materias primas e insumos y se anotarán los alcances de cada uno para suministrar estos últimos.
- Hay ciertos **procesos o técnicas de producción** que exigen una escala mínima para ser aplicables, ya que por debajo de ciertos niveles mínimos de producción los costes

serían tan elevados, que no se justificaría la operación del proyecto en esas condiciones. En efecto dentro de ciertos límites de operación, a mayor escala dichas relaciones propiciarían un menor coste de inversión por unidad de capacidad instalada y un mayor rendimiento por persona ocupada lo que contribuirá a disminuir el coste de producción, a aumentar las utilidades y a elevar la rentabilidad del proyecto.

- Si los **recursos financieros** son insuficientes para atender las necesidades de inversión de la planta de tamaño mínimo es claro que la realización del proyecto es imposible. Si los recursos económicos propios y ajenos permiten escoger entre varios tamaños para los cuales existe una gran diferencia de costes y rendimiento económico para producciones similares, la prudencia aconsejará escoger aquel tamaño que puede financiarse con mayor comodidad y seguridad y que a la vez ofrezca, de ser posible, los menores costes y un alto rendimiento de capital. Por supuesto, habrá que hacer balance entre todos los factores mencionados para hacer una buena selección.
- Cuando se haya hecho un estudio que determine el tamaño más apropiado para el proyecto, es necesario asegurarse que se cuenta no sólo con el suficiente personal, sino también con el apropiado para cada uno de los puestos de la empresa, es decir con el **personal técnico cualificado** para manejar la tecnología a implantar.

3.2.1. Métodos de cálculo de la capacidad óptima

Si bien no existe un método realmente seguro y completo para determinar el tamaño óptimo de la planta se describen a continuación algunos de ellos:

- **Método de Lange**. Este modelo se basa en la hipótesis de que hay una relación funcional entre el monto de la inversión y la capacidad productiva del proyecto, lo cual permite considerar a la inversión inicial como medida directa de la capacidad de producción. Si se logra obtener una función que relacione a la inversión inicial y a los costes de producción, ésta mostrará que un alto coste de operación está asociado con una inversión inicial baja, y viceversa. De acuerdo con el modelo habrá que hacer el estudio de un número de combinaciones inversión-costes de producción, de tal modo que el coste total sea mínimo. Para ello, como los costes se dan en el futuro y la inversión en el presente, es necesario incorporar el valor del dinero en el tiempo y descontar todos los costes de futuros para hacer la comparación. La expresión del coste total mínimo quedaría como sigue:

$$\text{Coste total} = i_0(C) + \sum_{t=0}^{n-1} \frac{C}{(1+i)^t}$$

donde

C = costes de producción. I_0 = Inversión inicial.

i = tasa de descuento. t = períodos considerados de análisis.

- **Modelo de máxima utilidad**. Se sustenta en el cálculo de las ventas y los costes asociados con distintas alternativas del tamaño, para optar por la que maximice la utilidad. No considera la inversión inicial, no supone reinversiones ni un valor residual del proyecto. El peligro de este método reside en que considera la utilidad como una medida de la rentabilidad.
- **Determinación de la masa crítica**. Deslandes plantea que para medir la capacidad de competir debe calcularse el coste de producción en distintos niveles de capacidad.

El coste de producción obtenido debe compararse con la capacidad de producción y el monto de la inversión inicial. A esta relación se la denomina masa crítica técnica, la cual debe ser calculada, pero tiene el defecto de dejar fuera del análisis el efecto de la dimensión de la empresa sobre los gastos administrativos o la posibilidad de que no se trabaje a plena capacidad.

3.3. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL PROYECTO

Tras la evaluación de la demanda y la capacidad de la planta se ha de definir la localización óptima del proyecto. Se entiende por localización óptima aquella que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital (criterio privado) o a obtener el coste unitario mínimo (criterio social).

El proceso de localización se aborda en dos etapas: en primer lugar se selecciona un área geográfica suficientemente amplia (ubicación) dentro de la cual, posteriormente, se habrán de considerar varios emplazamientos posibles (localización).

3.3.1. Ubicación

Determinar la ubicación apropiada para un proyecto implica seleccionar áreas geográficas relativamente extensas (a lo largo de la ribera de un río, en un radio de varios kilómetros alrededor de una zona urbana) donde posteriormente determinar en una de estas áreas el terreno concreto donde levantar el proyecto. Al determinar la ubicación de un proyecto industrial se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Deseos corporativos.
- Atractivo de la región (cultura, impuestos, clima, etc.).
- Disponibilidad de la mano de obra, actitudes ante el trabajo, productividad, costes, actitud sindical.
- Coste y disponibilidad de servicios públicos. Disponibilidad de suministros, comunicaciones, energía.
- Regulaciones medioambientales de la región.
- Incentivos gubernamentales.
- Proximidad de materias primas y clientes. Localización de mercados.
- Costes del suelo y de la construcción.

3.3.2. Emplazamiento

Una vez tomada una decisión sobre la zona geográfica se debe definir el emplazamiento concreto para el proyecto, o al menos dos o tres posibles alternativas del mismo. Para ello se deben conocer y evaluar las siguientes características de cada emplazamiento:

- Tamaño de los terrenos y costes.
- Acceso a comunicaciones terrestres (autopistas, carreteras o ferrocarriles), marítimas o aéreas.
- Restricciones de la zona (legislación urbanística).
- Proximidad de servicios/proveedores necesarios.
- Cuestiones de impacto medioambiental.
- Políticas locales, legales e impositivas.

- Oferta de mano de obra. Posibilidad de conservar la mano de obra actual.
- Nivel salarial.
- Condiciones de vida. Disponibilidad y costes de vivienda, existencia de centros escolares, clima, etc.

La importancia de estas características varía de acuerdo con la naturaleza del proyecto, el tipo de construcción civil prevista, el peso de los equipos, el tipo de efluentes, el número de trabajadores, etc. Por consiguiente, es necesario examinar todos estos aspectos del emplazamiento en el contexto del proyecto propuesto.

3.3.3. Metodología para la selección de la localización óptima

Se propone una metodología válida para la selección de la ubicación o el emplazamiento de un proyecto. La diferencia en cuanto a su aplicación según se trate de un nivel u otro está en los factores a considerar y su grado de influencia. El proceso consta de los siguientes pasos:

1. Identificación de las alternativas de ubicación o emplazamiento de la industria.
2. Identificación de los factores relevantes y los subfactores que tienen mayor influencia en la industria objeto del proyecto.
3. Análisis factorial para establecer el peso de cada factor.
4. Valoración de cada alternativa según el grado de cumplimiento de cada factor.
5. Aplicación de un método de ayuda a la decisión tipo PRES II Multiexperto, ELECTRE, PROMETHE u otros.

3.4. DEFINICIÓN TÉCNICA

El objetivo general de la definición técnica del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y funcionamiento de la planta. Por tanto no se reduce a definir el proceso productivo y los equipos adecuados sino que también engloba una propuesta de la distribución en planta de tales equipos y la estructura organizativa que ha de tener la planta productiva.

En esta etapa del Estudio de Viabilidad se procede a la identificación de posibles soluciones técnicas del proyecto y a su evaluación. Estudiando cada alternativa se definen una serie de parámetros a partir de los cuales se efectúa la evaluación y posterior selección de la más adecuada para el cumplimiento de los objetivos especificados. Dichos parámetros son:

- Coste de producción asociado.
- Capacidad de la planta.
- Calidad del producto.
- Coste de la inversión.

En muchos casos, a mayores costes de inversión vienen asociados menores costes de producción, por lo que estos aspectos no pueden considerarse separadamente. Generalmente la selección de una determinada alternativa se ha de basar en la mejor combinación de la relación entre los costes de inversión y los costes de producción.

3.4.1. Proceso productivo

El proceso productivo es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener bienes y servicios a partir de insumos y se identifica como la transformación de éstos para convertirlos en productos mediante una determinada función de producción, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Esquema de un proceso productivo

ESTADO INICIAL	+	PROCESO TRANSFORMADOR	=	PRODUCTO FINAL
• Insumos. Son aquellos elementos sobre los cuales se efectuará el proceso de transformación para obtener el producto final. • Suministros. Son los recursos necesarios para realizar el proceso de transformación		• Proceso. Conjunto de operaciones que realizan el personal y la maquinaria para elaborar el producto final • Equipo productivo. Conjunto de maquinaría e instalaciones necesarias para realizar el proceso de transformación. • Organización. Elemento humano necesario para realizar el proceso productivo.		• Productos. Bienes finales resultado del proceso de transformación. • Subproductos. Bienes obtenidos no como objetivo principal del proceso de transformación, pero con un valor económico. • Residuos o desechos. Consecuencia del proceso con o sin valor.

En esta parte del estudio se procede necesariamente a identificar las diferentes tecnologías de producción aplicables, cuyo origen puede ser:

- **Tecnología propia**. La propiedad posee conocimientos suficientes sobre el proceso productivo por su experiencia previa.
- **Tecnología de dominio público**. A partir de información y datos publicados y/o conocidos se puede definir el proceso productivo
- **Adquisición de licencia**. Una empresa posee el proceso tecnológico patentado lo que obliga a la compra de licencias para poder conocer el Know-how del proceso y poder utilizarlo.

Una vez identificadas las variantes tecnológicas, se debe seleccionar la más apropiada en términos de combinación óptima de componentes de proyecto. Se deben evaluar también las diversas consecuencias de la adquisición de una determinada tecnología, incluidos los aspectos contractuales de las licencias de tecnología, cuando fuera necesario. La selección y adquisición debe ser luego combinada con la selección de maquinaria y equipos, ya que a menudo esto guarda estrecha relación con las técnicas de producción elegidas.

3.4.1.1. Técnicas de análisis del proceso productivo

Para representar y analizar el proceso productivo, existen varios métodos entre los cuales destacan los siguientes métodos mostrados en la Figura 6:

1. **Diagramas de bloques**. Consiste en que cada operación unitaria ejercida sobre la materia prima se encierra en un rectángulo; cada rectángulo o bloque se une con el

anterior y el posterior mediante flechas que indican tanto la secuencia de las operaciones como la dirección del flujo.

2. **Diagrama de flujo del proceso**. Aunque el diagrama de bloques es un diagrama de flujo no posee tanta información como el diagrama de flujo del proceso. Así en estos diagramas se van uniendo las sucesivas acciones que se realizan sobre la materia prima indicando en cada una de ellas el tiempo empleado, una descripción del proceso ejecutado, la intensidad de recorrido y las mermas o residuos generados, si se considera necesario. Para la elaboración de estos diagramas se utiliza la siguiente simbología:

   O Operación

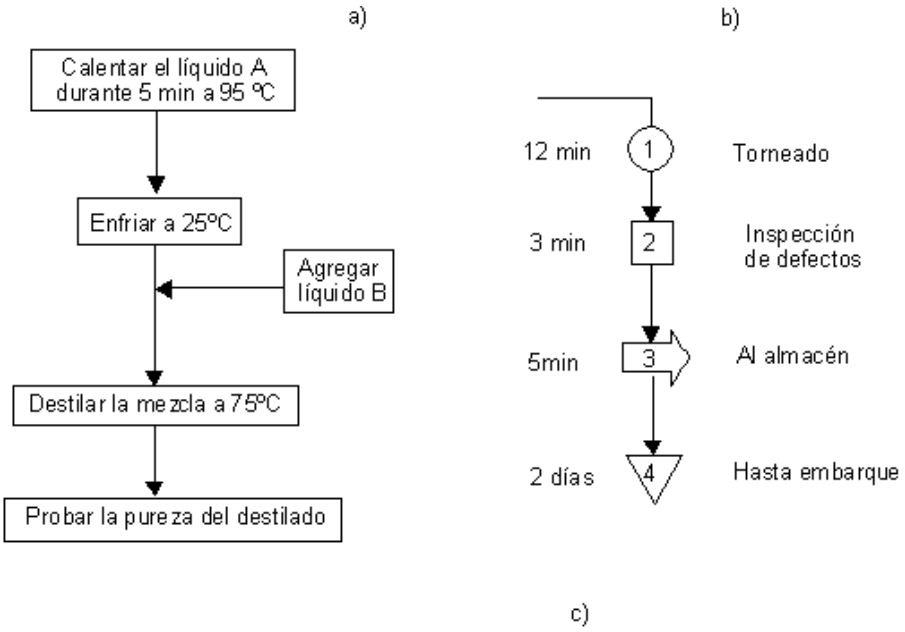
   □ Inspección

   ∇ Almacenamiento

   ⇒ Transporte

   D Espera

3. **Cursograma analítico**. Presenta una información más detallada del proceso, que incluye la actividad, el tiempo empleado, la distancia recorrida, el tipo de actividad efectuada y un espacio para anotar observaciones. Esta técnica se puede emplear en la evaluación de proyectos, siempre que se tenga un conocimiento casi perfecto del proceso de producción y del espacio disponible.



Cursograma analítico.								
Detalles del proceso	Actividad					Tiempo	Distancia	Observaciones
	□	⇒	O	D	∇			

Figura 6. Técnicas de análisis del proceso de producción: a) Diagrama de bloques. b) Diagrama de flujo. c) Cursograma analítico.

3.4.2. Adquisición de equipo y maquinaria

La selección del equipo y la selección del proceso productivo son interdependientes. En ciertos proyectos la tecnología de producción es parte integrante del suministro del equipo, sin embargo, en otros casos la tecnología se adquiere de forma independiente y la selección del equipo debe seguir a la determinación de la tecnología. Las necesidades de maquinaria y equipo se deben identificar sobre la base de la capacidad de la planta y de la tecnología de producción seleccionada.

Cuando llega el momento de decidir sobre la compra de equipo y maquinaria se deben tomar en cuenta una serie de factores que afectan directamente a la elección. La mayoría de la información que es necesario recabar será útil en la comparación de varios equipos y también es la base para realizar una serie de cálculos y determinaciones posteriores. A continuación se presenta toda la información que se debe recabar y su utilidad:

- **Precio**. Se utiliza para el cálculo de la inversión inicial.
- **Dimensiones**. Se usa para determinar la distribución en planta.
- **Capacidad**. De ella depende el número de máquinas que se adquieren. Una vez conocidas las capacidades disponibles hay que hacer un balanceo de las líneas para no comprar capacidad ociosa o provocar cuellos de botella.
- **Flexibilidad de operación**. Esta característica se refiere a que algunos equipos son capaces de realizar operaciones y procesos unitarios en ciertos rangos y provocan en el material cambios físicos, químicos o mecánicos en distintos niveles.
- **Mano de obra necesaria**. Es útil para calcular el coste de la mano de obra directa y el nivel de capacitación que ésta requiere.
- **Coste de mantenimiento**. Se emplea para calcular los costes de explotación.
- **Consumos de energía**. Sirve para calcular los costes de explotación.
- **Infraestructura necesaria**. Se refiere a alguna infraestructura especial que requiere algún equipo y que se traduce en un aumento en los costes de inversión inicial.
- **Equipos auxiliares**. Se trata de los servicios auxiliares que necesitan los equipos para su funcionamiento.
- **Coste de fletes y seguros**. Debe verificarse si se incluye en el precio o ha de pagarse por separado y a cuánto asciende.
- **Coste de instalación y puesta en marcha**. Verifica si se incluye en el precio original y a cuánto asciende.

3.4.3. Distribución en planta

La distribución en planta aspira a lograr una disposición del equipo y área de trabajo que sea la más económica para la operación a que se destina y además, segura y satisfactoria para los empleados, es decir, la disposición productiva de personal, materiales, maquinaria y servicios auxiliares que llegue a fabricar un producto con los menores costes de producción posibles.

Más específicamente, los objetivos básicos del diseño de una distribución en planta incluyen, entre otros, los siguientes:

- Integración global de todos los factores que afectan a la distribución.
- Mínimas distancias en el movimiento de materiales.
- Circulación del trabajo a través de la planta.

- Utilización efectiva de todo el espacio.
- Satisfacción y seguridad para todo el personal.
- Disposición flexible que pueda ser fácilmente reajustada.

Generalmente para definir la distribución en planta de un proceso productivo se utiliza la metodología propuesta por Muther conocida como Systematic Layout Planning (SLP), mostrada en el Figura 7, cuyas etapas son:

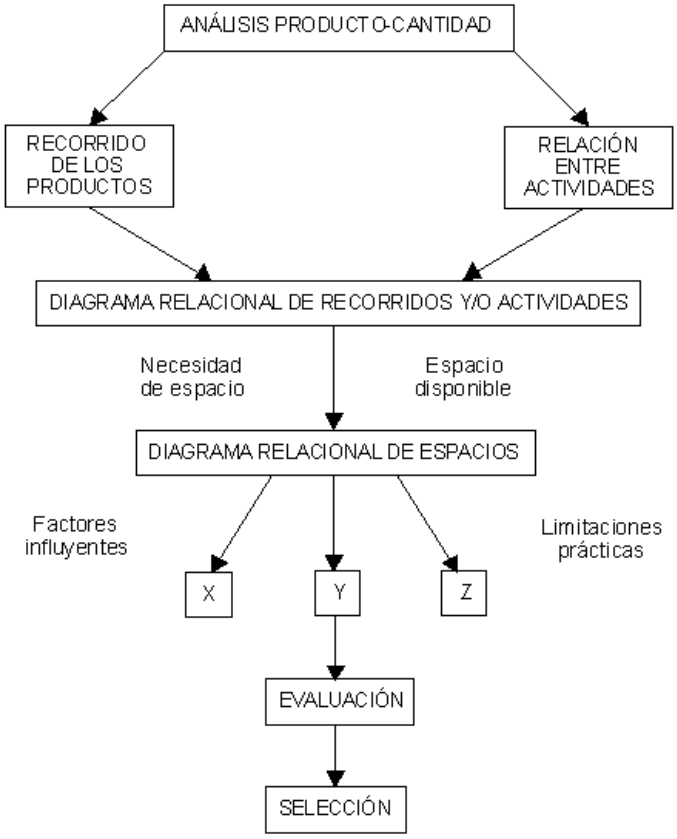


Figura 7. Esquema de la metodología SLP

1. **Análisis de producto-cantidad**. En esta etapa se organizan los datos referentes a previsiones de productos y cantidades en forma de histogramas, en los que se relacionan los diferentes tipos de productos con las cantidades previstas de cada uno de ellos
2. **Análisis del recorrido de los productos**. Esta fase implica la determinación de la secuencia de movimientos de los materiales a lo largo de las diversas etapas del proceso a la par que la intensidad y la amplitud de los desplazamientos.
3. **Relación entre actividades**. En esta etapa se relacionan las actividades, identificando y caracterizando esas relaciones e integrando los servicios considerados no directamente productivos.
4. **Diagrama relacional de recorridos y/o actividades**. Se trata de resumir la información recogida hasta el momento (recorrido de productos y relaciones entre actividades) en una representación a través de un grafo que muestre la secuencia de

actividades y la importancia relativa de la proximidad de cada una de ellas con las demás.

5. **Diagrama relacional de espacios**. Determinados los espacios necesarios de cada actividad y la disponibilidad real de espacios, se trata en esta epata de escalar el diagrama relacional de recorridos y/o actividades, de manera que la superficie asignada a cada símbolo sea proporcional a la realmente necesaria.
6. **Generación de alternativas**. Con la información hasta ahora disponible y considerando factores influyentes sobre la implantación y limitaciones prácticas se han de definir posibles soluciones al problema.
7. **Evaluación y selección**. De las diversas soluciones planteadas se ha de seleccionar la más adecuada con las premisas planteadas

3.4.4. Estructura organizativa

Una vez definido el proceso de fabricación y la distribución física de sus componentes queda por definir precisamente el elemento más importante del sistema: la futura organización humana que los hará funcionar. Prever cómo será el sistema organizativo sirve, entre otras cosas para saber cuáles serán los costes de mano de obra que afectarán al presupuesto de inversión.

Se puede optar por una estructura jerárquica en la que todo nivel depende exclusivamente del inmediato superior, o por una estructura funcional en la que desaparece el escalón jerárquico de la acumulación de tareas y responsabilidades y se crean diferentes funciones o especialidades dentro del nivel considerado.

Una vez generado el organigrama que describe la organización de la planta, se deben describir uno a uno los puestos de trabajo, sus obligaciones y atribuciones. Se indicará para cada uno:

- Nombre del puesto de trabajo.
- Actividades a desarrollar.
- Preparación o características necesarias.
- Relación con los demás puestos de trabajo.

Para las líneas de producción, no es operativo enumerar individualmente cada puesto, definiéndose la actividad de las mismas, los requerimientos de personal y las responsabilidades sobre ella.

También, se han de definir los turnos de trabajo, calendario de trabajo y retribución económica.

3.5. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN

Los distintos estudios considerados previamente tienen un marcado carácter técnico y es necesario completarlos con otros de carácter económico.

Los costes de inversión se definen como la suma del capital fijo (inversiones fijas más costes de capital previos a la producción) y el capital circulante (o capital de explotación), en donde el capital fijo está constituido por los recursos requeridos para construir y equipar un proyecto de inversión y el capital circulante corresponde a los recursos necesarios para explotar el proyecto en forma total o parcial.

En la etapa de preinversión se suele incurrir en dos errores. Es muy común que no se incluyan fondos para el capital circulante, o que no sean suficientes los fondos estimados, con lo que se crean graves problemas de liquidez en el proyecto incipiente. Además, los

costes totales de inversión a veces se confunden con el activo total, que corresponde a los activos fijos más los costes de capital previos a la producción más los activos corrientes. El monto de los costes totales de inversión es, de hecho, menor que los activos totales dado que está compuesto de activos fijos y capital de explotación, el cual es a su vez la diferencia entre los activos corrientes y los pasivos corrientes. Dado que en los estudios de preinversión la preocupación principal se relaciona con la magnitud de las inversiones totales y su financiación, los activos totales son de poca importancia en el contexto del Estudio de Viabilidad.

3.5.1. Capital fijo

El capital fijo está constituido por el valor monetario de los activos fijos que comprenden todo el conjunto de bienes que se adquieren una sola vez durante la ejecución del proyecto y se utilizan a lo largo de su vida útil y que se dividen en inversiones fijas y costes de capital previos a la producción.

Las inversiones fijas y costes de capital previos a la producción comprenden los siguientes costes:

a) Inversiones fijas.

a.1. Preparación de los terrenos y emplazamientos.

a.2. Edificios y obras de ingeniería civil.

a.3. Maquinaria y equipo de planta, incluido el equipo auxiliar.

a.4. Ciertos fijos incorporados, tales como derechos de propiedad industrial.

b) Costes de capital previos a la producción.

b.1. Gastos por concepto de estudios preparatorios. Se incluyen dentro de esta partida los gastos por concepto de estudios de preinversión, los honorarios del proyectista que elabora la documentación técnica del proyecto y los gastos de planificación del proyecto.

b.2. Gastos previos a la producción tales como, costes de instalaciones provisionales, gastos de viajes, costes de promoción, intereses de los préstamos durante la construcción, etc.

b.3. Gastos de ensayos de funcionamiento, iniciación y puesta en marcha de las instalaciones proyectadas.

3.5.1.1. Estimación del presupuesto de inversión

Inicialmente se realiza un presupuesto estimativo o de orden de magnitud, pudiéndose emplear alguno de los siguientes métodos:

- ***Coeficiente de inversión unitaria.***

$$C_A = \left(\frac{C_B}{T_B}\right) T_A$$

donde

C_A = coste de la planta o instalación A.
C_B = coste de la planta o instalación B.
T_A = capacidad o tamaño de la planta A.
T_B = capacidad o tamaño de la planta B.

- ***Regla de Williams.***

$$\frac{C_{BA}}{C_B} = \left(\frac{T_A}{T_B}\right)^n$$

donde

C_A = coste de la planta o instalación A.
C_B = coste de la planta o instalación B.
T_A = capacidad o tamaño de la planta A.
T_B = capacidad o tamaño de la planta B.
n = Exponente característico de las plantas o instalaciones analizadas definido en la Tabla 2.

Tabla 2. Coeficiente de Williams

TIPO DE PROYECTO	n	UNIDAD DE CAPACIDAD
Planta de acetileno	0'73	Toneladas/día
Planta de aluminio	0'76	Toneladas/año
Planta de amoniaco	0'72	Toneladas/día
Caldera de vapor	0'75	Kg/hora
Fábrica de cemento	0'86	Toneladas/día
Planta de cloro	0'62	Toneladas/día
Producción de energía eléctrica (nuclear)	0'68	Mw
Producción de energía eléctrica (térmica)	0'79	Mw
Edificios industriales	0'67	m^2
Planta de oxígeno	0'72	Toneladas/día
Edificios de viviendas	0'75	nº de habitantes
Sistemas de refrigeración	0'70	Toneladas
Tratamiento de aguas residuales (primario)	0'68	Litros/día
Tratamiento de aguas residuales (secundario)	0'75	Litros/día
Depósitos de almacenamiento	0'63	Litros
Planta de almacenamiento	0'67	Toneladas/día
Redes de distribución urbana de agua y gas	0‘91	Diámetros tuberías
Redes de distribución urbana de agua y gas	0'82	Longitud instalada

Posteriormente para decidir la realización de la inversión, se realiza un presupuesto preliminar, utilizando alguno de los siguientes métodos:

- ***Método de Lang.***

$$C_A = f_1 \times \sum(\text{precios equipos principales})$$

donde

f_1 = factor dependiente del tipo de planta definido como se indica en la Figura 8.

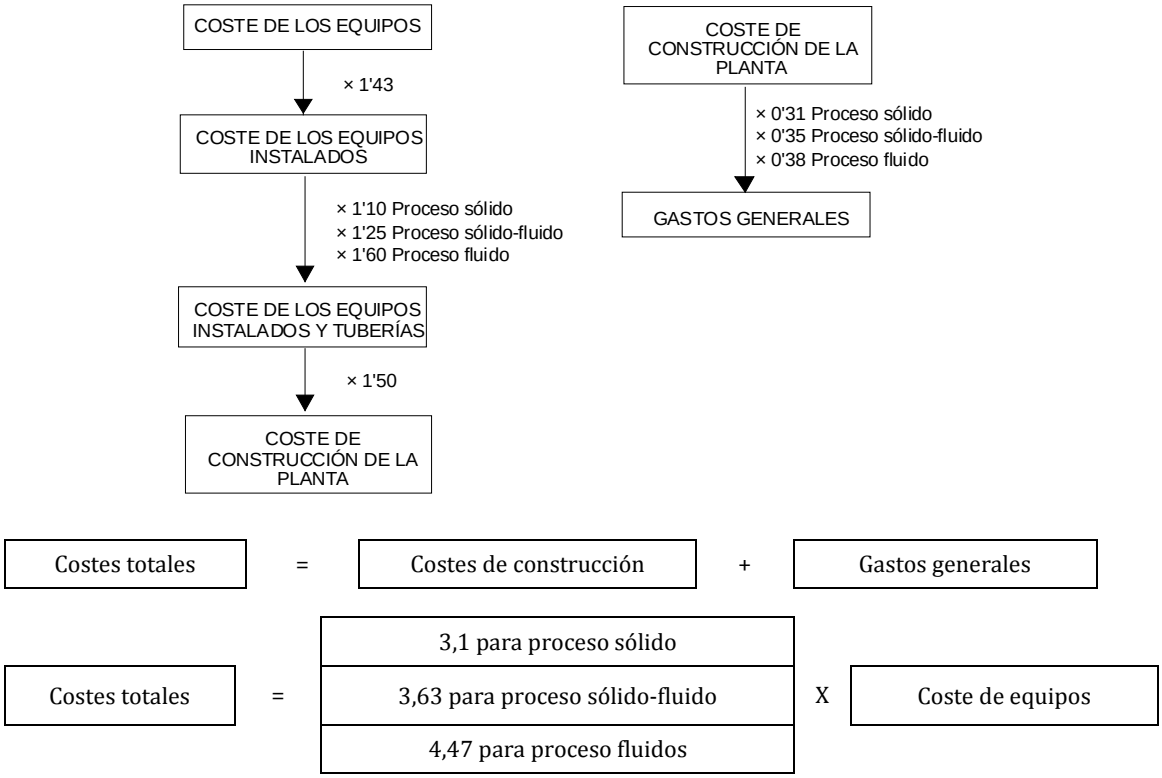


Figura 8. Esquema de cálculo del coeficiente de Lang

- ***Método de Hang.***

$$C_A = \sum (f_1 \times \text{precios equipos principales})$$

donde

f_1 = factor dependiente del tipo de equipo definido como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficiente de Hang

Tipo de equipo	f_1
Bombas y recipientes a presión	4'0
Intercambiadores de calor	3'5
Compresores	2'5

- ***Método de Chilton.***

$$C_A = f_1 \times f_2 \times f_3 \times \sum (\text{precios equipos principales})$$

donde

f_1 = factor dependiente del coste de instalación definido en la Figura 9;

f_2, f_3 = factor dependiente de la suma de los restantes costes definido en la Figura 9.

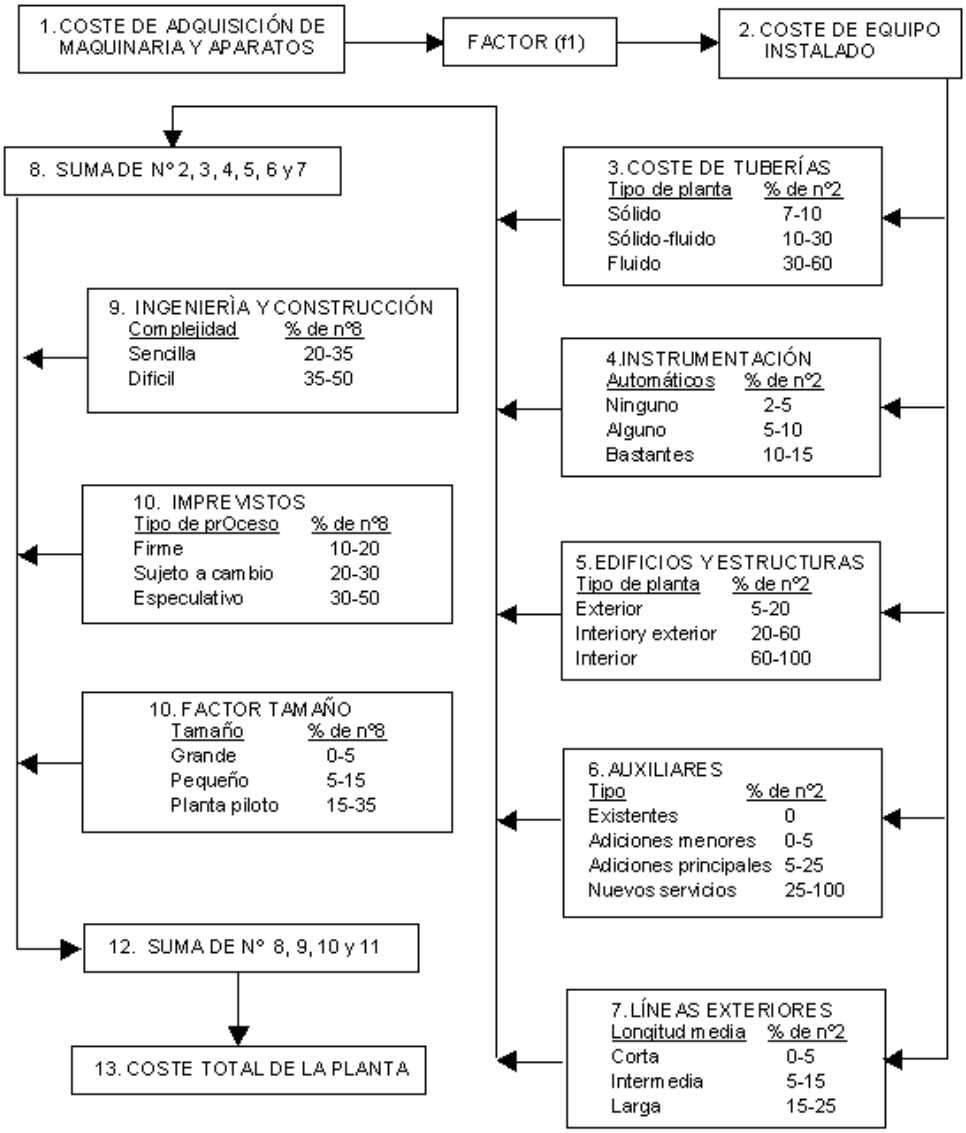


Figura 9. Coeficientes de Chilton

3.5.2. Capital circulante

El capital circulante se refiere a los medios financieros requeridos para las operaciones del proyecto en virtud de su programa de producción, es por tanto, el capital necesario para el posterior funcionamiento normal de las instalaciones, o lo que se conoce como capital de trabajo. Se define como los activos corrientes menos los pasivos corrientes. Los activos corrientes comprenden las cuentas a cobrar, las existencias, los productos terminados y el dinero en efectivo. Los pasivos corrientes consisten principalmente en las cuentas a pagar (acreedores) y no están sujetos a intereses. Se define por tanto como:

+ Stock materias primas.
+ Stock productos intermedios y en curso.
+ Stock productos terminados.
+ Cuentas pendientes de cobro.

+ Existencias en caja.
+ Gastos del período inicial.
- cuentas pendientes de pago.

3.6. PROGRAMA DEL PROYECTO

En esta etapa se realiza una estimación preliminar del programa del proyecto, que se concreta fundamentalmente en:

- Medios a emplear.
- Plazos de inversión.

Es importante reseñar que el plazo del proyecto es muy importante para el cálculo de la rentabilidad de la inversión.

3.7. FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

La asignación de recursos financieros a un proyecto constituye un requisito previo obvio y básico, no sólo para la decisión de invertir sino también para la formulación del proyecto y el análisis de preinversión. El Estudio de Viabilidad no sería útil si no estuviera apoyado por seguridades razonables de que, siempre que las conclusiones del estudio sean positivas y satisfactorias, se habrán de proporcionar recursos para el proyecto. En la mayoría de los casos, antes de iniciar el Estudio de Viabilidad se cuenta con una evaluación preliminar de las posibilidades de financiación del proyecto. Esto ocurre principalmente cuando se ha realizado antes un estudio de oportunidad de proyecto o de viabilidad, ya que en esos estudios se indica el orden de magnitud del capital requerido. El Estudio de Viabilidad se debe realizar sólo si las perspectivas de financiación se pueden definir con bastante precisión en la medida indicada por esos estudios.

Aparte de ciertos casos en que las restricciones financieras constituyen un factor limitativo principal en la consideración de las posibilidades y la magnitud del proyecto, las necesidades financieras detalladas sólo se pueden evaluar adecuadamente cuando se conocen los parámetros técnico-económicos básicos del proyecto. Por lo tanto, en el Estudio de Viabilidad los desembolsos de capital se pueden determinar adecuadamente sólo después de que se hayan adoptado decisiones sobre capacidad y ubicación de la planta, junto con la estimación de los costes de acondicionamiento de terrenos, edificios y obras de ingeniería civil, y tecnología y equipo.

También es necesario definir las necesidades financieras del proyecto en la etapa operacional, en términos de capital de explotación. Esto sólo se puede hacer una vez que se han hecho estimaciones de los costes de producción, por una parte, y de las ventas e ingresos, por la otra. Estas estimaciones deben abarcar un período determinado y se debe reflejar en el análisis de corrientes la liquidez. A menos que se disponga de estas dos estimaciones, y de que se cuente con fondos adecuados a las necesidades, tanto en términos de capital de inversión inicial como de capital de explotación, por un período determinado, no es prudente pasar a la etapa de la ejecución del proyecto.

3.7.1. Fuentes de financiación

Estimados el capital fijo y el capital circulante será vital contar con las fuentes de financiación necesarias para proveer estos capitales. Estas fuentes de financiación pueden ser:

- **Autofinanciación**.
- **Participación en el capital social**.

La pauta general de financiación para un proyecto industrial consiste es satisfacer las necesidades de capital de inversión inicial mediante participación social y préstamos a largo plazo, en proporciones diversas, y satisfacer las necesidades de capital de explotación mediante préstamos adicionales a corto y a medio plazo de fuentes bancarias nacionales.

El capital social se puede formar mediante la emisión de dos tipos de acciones:

a) Acciones ordinarias. Acciones cuyos dividendos dependen de la rentabilidad de las operaciones de la empresa.

b) Acciones preferentes. Acciones que reciben un dividendo que es, generalmente, parcialmente independiente de los beneficios.

c) Financiación mediante préstamos.

Dado que es relativamente fácil obtener préstamos, el proceso de financiación de un proyecto puede muy bien iniciarse con la identificación de la medida en que se pueden obtener capitales en préstamo, junto con la tasa de interés aplicable. Estos capitales pueden dividirse en:

1. Préstamos a corto y a medio plazo de bancos comerciales para capital de explotación, o créditos de abastecedores en diversas formas.

2. Préstamos a largo plazo de instituciones de desarrollo nacionales o internacionales.

3.8. PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN

Es imprescindible pronosticar de forma realista los costes de producción totales para el proyecto de que se trate, a fin de determinar la viabilidad futura del mismo.

Hacer frente a la inversión estimada anteriormente exige disponer de unos resultados positivos a lo largo de la vida del proyecto. El proyecto, independientemente de las inversiones necesarias y a lo largo de su vida útil, va a proporcionar unos ingresos a costa de incurrir en unos determinados gastos, y esa diferencia de ingresos y gastos genera un beneficio bruto, que deducidos los impuestos correspondientes, se convierten en el beneficio neto.

Los gastos se generan por los costes de producción, los costes financieros y los costes de depreciación de la nave y la maquinaria.

- **Costes de producción**:
  - Materias primas y otros materiales.
  - Servicios auxiliares.
  - Mano de obra de fabricación directa e indirecta.
  - Patentes y royalties.
  - Mantenimiento.
  - Gastos generales: alquileres, seguros, impuestos (I.A.E., I.B.I., etc.).
  - Coste de ventas: comisiones y descuentos, publicidad.
- **Costes financieros**.
  - Intereses que se pagan por el capital que se ha pedido prestado para hacer frente a parte o la totalidad de la inversión.
- **Costes de depreciación o amortización de la nave, maquinaria e instalaciones**.

- Deducción anual de una porción del valor de la nave, maquinaria e instalaciones propiedad y/o equipamiento. Consiste en que al reconocer el desgaste del activo por su uso, se va creando una especie de provisión o de reserva que al final permite ser reemplazado sin afectar la liquidez y el capital de trabajo de la empresa. La cuota anual de depreciación para cada activo se calcula a partir la tablas del Anexo I del REAL DECRETO 1777/2004, de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

Los ingresos se generan por las ventas e ingresos atípicos (intereses,...).

Se define el Cash-Flow de un proyecto como la diferencia entre los fondos generados cada año y las inversiones realizadas durante el mismo año y todo ello a lo largo de la vida del proyecto:

$$CF_N = B_N + D - PP$$

donde

CF_N = Cash-Flow neto.

B_N = Beneficio neto.

D= Depreciación de nave, maquinaria e instalaciones.

PP = Pago a Principal.

siendo el beneficio neto

$$B_N = B_B - I_M$$

donde

B_B = Beneficio bruto.

I_M = Impuestos.

y el beneficio bruto

$$B_B = I - C$$

donde

I = Ingresos.

C = Costes.

3.9. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

Evaluar económicamente un proyecto industrial consiste básicamente en prever la financiación y la colocación de excedentes a lo largo del horizonte del proyecto. Entre dos alternativas valoradas con el mismo horizonte será preferible aquella que proporcione más fondos como resultado final; para decidir la conveniencia de llevar a cabo el proyecto se deberá tener en cuenta siempre la alternativa de no realizarlo. Los fondos van a parar entonces a algún tipo de inversión financiera.

En general, el proyecto es rentable si el valor de los rendimientos que proporciona es mayor al de los recursos que utiliza. Aunque no se debe perder de vista que no se puede hablar sin más de la rentabilidad de un proyecto, sino de la probabilidad de que tenga una u otra rentabilidad.

Otro aspecto que interesa es la liquidez de la inversión. Al invertir, se ha puesto dinero en forma de activos y liquidar esos activos es hacer el camino inverso. En general los

proyectos industriales son inversiones con escasa liquidez, ya que una vez construida y pagada la planta suele ser difícil de vender si no es a costa de grandes pérdidas.

Para evaluar la rentabilidad de un proyecto se han de realizar los siguientes análisis:

- Análisis de rentabilidad.
- Umbral de rentabilidad.
- Análisis de sensibilidad.
- Análisis de riesgo.

3.9.1. Análisis de rentabilidad

El análisis de la rentabilidad de la inversión consiste esencialmente en determinar la relación entre las utilidades y el capital invertido.

Las técnicas que permiten evaluar la rentabilidad son:

- **Tasa de rentabilidad.** Es el cociente entre beneficios e inversión necesaria.

$$TR = \frac{\text{Benefico neto anual}}{\text{Inversión media}}$$

donde

$$\text{Inversión media} = \frac{\text{Valor inicial de la inversión} + \text{valor residual}}{2}$$

- **Período de retorno de la inversión o Pay-Back**. Es el número de años en que la inversión se recupera vía facturación, cobros o utilidades, considerando el término inversión como la suma total de activos del proyecto.

  La forma correcta de evaluar el Pay-Back (PB) es aplicar la siguiente fórmula:

$$\sum_{t=0}^{PB} \frac{CF^*_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^{n} \frac{I_t}{(1+i)^t}$$

donde

CF^*_t = Cash-Flow parcial del año t = beneficios netos + depreciación de nave, maquinaria e instalaciones.

t = número de años.

I_t = Inversiones correspondientes al año t (inversiones distribuidas a lo largo del tiempo).

n= número de años en los que se invierte.

i = Tasa de actualización.

$$i = e + k(1+e) + r$$

siendo

e= Interés del capital.

k= inflación anual.

r= prima de riesgo.

- **Valor actualizado neto (VAN)**. Es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados, es decir, la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor también actualizado de los pagos.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^{t} \frac{CF_t}{(1+i)^n}$$

donde

I_0 = valor de inversión propia.

CF=Cash-Flow.

i = tasa de actualización.

t = número de años.

Un valor actual neto positivo indica que la inversión en el proyecto produce excedentes superiores precisamente en la cuantía del valor actual neto, a los que podrían obtenerse invirtiendo la misma cantidad de dinero, precisamente con un interés i. Por tanto, será tanto mejor un proyecto cuanto más elevado sea su VAN.

- **Tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR)**. Es la tasa de actualización a la cual el valor actual de los ingresos de efectivo es igual al valor actual de las salidas de efectivo. Dicho de otro modo, es el interés para el cual el valor actual neto es cero (r).

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^{t} \frac{CF_t}{(1+r)^n} = 0$$

donde

I_0 = valor de inversión propia.

CF= Cash-Flow.

i = tasa de actualización.

t = número de años.

Sólo interesa realizar aquellos proyectos cuyo TIR sea superior al interés normal del dinero en el mercado de capitales.

3.9.2. Umbral de rentabilidad

Mediante el análisis de umbral de rentabilidad se determina el punto en que los ingresos provenientes de las ventas coinciden con los costes de producción, es decir, el umbral de rentabilidad. El umbral de rentabilidad se puede definir también en términos de unidades físicas producidas, o del nivel de utilización de la capacidad en la cual los ingresos provenientes de las ventas coinciden con los costes de producción.

Antes de calcular el umbral de rentabilidad, se deben observar las siguientes condiciones:

- Los costes de producción son una función del volumen de producción o de ventas.
- El volumen de producción es igual al volumen de ventas.
- Los costes operacionales fijos son iguales para todos los volúmenes de producción.

- Los costes unitarios variables se modifican en proporción al volumen de producción, y por consiguiente, los costes de producción totales también se modifican en proporción al volumen de producción.
- Los precios de venta unitarios de un producto son iguales para todos los niveles de producción a lo largo del tiempo. Por consiguiente, el valor de las ventas es función lineal de los precios de venta unitarios y las cantidades vendidas.
- Se deben utilizar datos de un año normal de operaciones.
- El nivel de precios de venta unitarios y de los costes de operación variables y fijos permanece constante.
- Se fabrica un solo producto. Si se fabrican varios productos similares, la gama de productos debe ser convertible a un único producto.

Estas condiciones no siempre se dan en la práctica y los resultados de los análisis de umbral de rentabilidad pueden, a su vez, ser influenciados en forma negativa. Por consiguiente, los análisis de umbral de rentabilidad se deben considerar sólo como herramienta complementaria a otros métodos de evaluación de proyectos.

El umbral de rentabilidad (UR), representado gráficamente en la Figura 10, se calcula a partir de las expresiones:

$$\text{Coste de producción} = vx + f$$

$$\text{Ingresos por ventas} = px$$

donde

x= volumen de producción.

f= costes fijos.

p= precio de venta unitario.

v= costes unitarios variables.

igualando ambas expresiones se obtiene el valor del umbral de rentabilidad:

$$p \cdot x = v \cdot x + f \Rightarrow UR = \frac{f}{p - v}$$

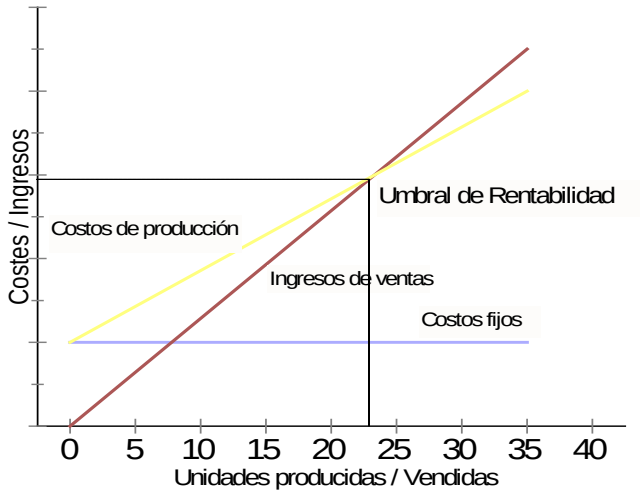


Figura 10. Determinación gráfica del umbral de rentabilidad

Del análisis de umbral de rentabilidad se puede llegar a las siguientes conclusiones prácticas:

- No es conveniente que el umbral de rentabilidad sea elevado dado que ello hace a la empresa vulnerable a los cambios de producción (ventas).
- Cuanto mayor sean los costes fijos, mayor será la rentabilidad umbral.
- Cuanto mayor sea la diferencia entre los precios de venta unitarios y los costes operacionales variables, más bajo será el umbral de rentabilidad. En este caso, los costes fijos se absorben con mucha más rapidez por la diferencia entre los precios de venta unitarios y los costes unitarios variables.

El análisis de umbral de rentabilidad puede ser útil para determinar el impacto de las modificaciones en los precios unitarios, y en los costes de producción fijos y variables. Además, es posible calcular varios umbrales de rentabilidad, teniendo en cuenta diversas propuestas de inversión resultantes de diferentes capacidades instaladas o diversos procesos tecnológicos. Las modificaciones de la capacidad instalada provocan variaciones en los costes fijos. Los cambios en los procesos tecnológicos también tienen repercusiones sobre los costes variables; por ejemplo, un proceso tecnológicamente más avanzado (y más costoso) normalmente da por resultado costes unitarios más bajos, especialmente en lo que se refiere a los costes de mano de obra.

3.9.3. Análisis de sensibilidad

Con ayuda del análisis de sensibilidad es posible mostrar cómo la rentabilidad del proyecto se modifica cuando se asignan valores variables necesarios para el cómputo (precios de venta unitarios, costes unitarios, volumen de ventas), como se muestra en la Figura 11. El análisis de sensibilidad se usa con frecuencia cuando se considera posible introducir mejoras cambiando alguna de las variables, aún cuando el empleo de los métodos de evaluación ya descritos no indique rentabilidad satisfactoria.

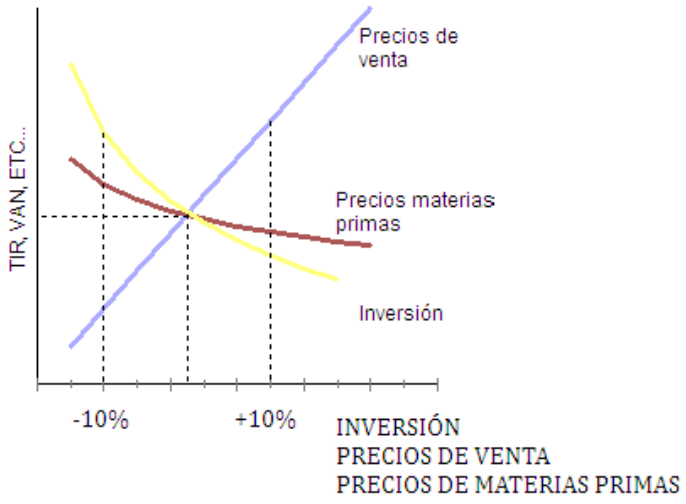


Figura 11. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se debe aplicar ya durante la etapa de la planificación del proyecto, cuando se adoptan decisiones relativas a los insumos principales. El elemento de incertidumbre se puede reducir en esta etapa determinando las variantes optimistas y pesimistas, y especificando así la combinación de factores de producción más realista desde el punto de vista comercial. Esto se puede hacer de varias maneras; por ejemplo, si se seleccionan sólo las soluciones pesimistas, se puede determinar la viabilidad del proyecto en la peor de las situaciones posibles. Con ayuda del análisis se sensibilidad es fácil identificar los factores más importantes de cada proyecto tales como materias primas, energía, y determinar las posibles sustituciones de los insumos.

3.9.4. Análisis de riesgo o probabilidad

Se define como riesgo de un proyecto la gama de posibles rentabilidades que se pueden obtener de dicho proyecto. Si la rentabilidad se conociese con certeza, no existiría riego; mientras que si la gama fuese infinita, la incertidumbre sería total.

El análisis de riesgo se lleva a cabo en el contexto de la preparación del proyecto con el objeto de mejorar la exactitud de las estimaciones de costes y, a su vez, de los pronósticos de rentabilidad. En los análisis de probabilidad se procura no sólo pronosticar variables a partir de estimaciones optimistas y/o pesimistas sino también ampliar considerablemente la gama y determinar la probabilidad de que se den cada uno de los valores. Esta actividad requiere, naturalmente, cierto número de juicios por personas especialmente calificadas en la esfera en que se trate.

Con la introducción del análisis de probabilidad aumenta considerablemente el número de cálculos, dado que cada variable se debe computar varios valores, además de los pronósticos de probabilidad de concurrencia. Este análisis, por su complejidad, se realiza normalmente con medios informáticos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]. Baca Urbina, G. “Evaluación de proyectos”. Ed. McGraw Hill, 1990.

[2]. Cano, J. L. (1989). “Estudio de proyectos”. Ed. S. P. UPM. Madrid. 1989.

[3]. De Cos Castillo, M. “Teoría General del Proyecto. Ingeniería de Proyectos/Project Engineering”. Ed. Síntesis 1995.

[4]. Gómez-Senent Martínez, E.; Capuz Rizo, S. ”El proyecto y su dirección y gestión”. Ed. S. P. UPV. Valencia. 1999.

[5]. Naciones Unidas. ”Manual para la redacción de estudios de viabilidad industrial”. Ed. ONUDI. Viena. 1978.

[6]. Sapag Chain, N. y Sapag Chain, R. ”Preparación y evaluación de proyectos”. Ed. McGraw Hill. Madrid. 2000.

[7]. Trueba, I., Cazorla, A., De Gracia, J.J. ”Proyectos empresariales. Formulación, evaluación”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1995.